Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität Würzburg.
(Direktor: Prof. Dr. med. et. med. dent. Wustrow).

Weitere Erhebungen über die Wärme- und Kälteempfindlichkeit menschlicher Zähne.

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Kunigunde König

Zahnärztin aus Marienwerder, Westpr.

Würzburg 1935

Buchdruckerei Richard Mayr

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Prof. Dr. med. et med. dent. Paul Wustrow

Meiner Mutter!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0154

Einleitung.

Die Sinnesphysiologie der Mundhöhle ist in der Literatur größtenteils von Physiologen bearbeitet. Selbst die Sinnesfunktionen der Zähne sind von der Zahnheilkunde nur geringfügig behandelt worden. Es liegen wenige Arbeiten vor, in denen sich Zahnärzte mit den Empfindungen der Zähne beschäftigen.

Meine Aufgabe soll es nun sein, über das vorliegende Thema weitere Versuche anzustellen, und dieser Aufsatz möge dazu beitragen, die Bedeutung, welchen die physiologischen Vorgänge für die Zahnheilkunde haben, weiter zu ermitteln.

Nach einer kurzen Uebersicht über die Sinnesorgane und ihre Funktionen im allgemeinen, ferner über diejenigen anatomisch-histologischen Verhältnisse der Zähne, die hier von Interesse sind, und über die Methodik der bis dahin angestellten Versuche, wird die eigene Versuchsanordnung besprochen und die damit gewonnenen Versuchsergebnisse angegeben.

Eine kurze Erörterung über die Sinnesorgane und ihre Funktionen im allgemeinen.

Um die Zähne als Sinneswerkzeug betrachten zu können, ist es notwendig, zunächst einmal über die Sinnesorgane und ihre Funktionen im allgemeinen etwas näheres zu wissen.

Die Sinnesorgane vermitteln uns die Eindrücke der Außenwelt. Sie nehmen äußere Reize wie mechanische, chemische, thermische, elektrische auf und setzen sie in eine zum Zentralnervensystem verlaufende Nervenerregung um. Wird die Erregung bis zur Hirnrinde weitergeleitet, so wird sie im Bewußtsein wahrgenommen.

Damit eine Empfindung überhaupt zustande kommen kann, muß die Stärke des Reizes eine gewisse Größe, die sogenannte „Reizschwelle" erreichen. Ferner hat jeder Reiz eine Reizhöhe, durch deren Ueberschreitung die Empfindung nicht gesteigert werden kann, sondern evtl. Schmerz hervorgerufen wird.

Die verschiedenen Sinnesorgane sind je für eine bestimmte Reizart besonders empfänglich, sie besitzen eine „spezifische Erregbarkeit". Den zu einem Sinnesorgan gehörenden Reiz nennt man den „adäquaten". Die für den Temperatursinn adäquaten Reize sind die thermischen.

So wie das Auge zur Aufnahme von Lichtstrahlen und das Ohr zur Aufnahme von Schallwellen eingerichtet ist, so werden vielleicht auch die Zähne eine „spezifische Erregbarkeit" besitzen, und ob sie insbesondere fähig sind, Wärme- und Kälteempfindungen zu vermitteln, will ich später ausführlich behandeln, und die Resultate diesbezüglich angestellter Versuche in Form von Tabellen darstellen.

Die „spezifische Erregbarkeit" wird nach Broemser dadurch hervorgerufen, daß die Reizschwelle für einen bestimmten Reiz besonders niedrig ist oder auch dadurch, daß die besondere anatomische Konstruktion und Lage eines Organs nur für einen bestimmten Reiz die Möglichkeit gibt, an das eigentlich empfindliche Organ heranzukommen.

„Demnach besteht ein Sinnesorgan aus einem Antransportapparat für den Reiz und einer Einrichtung, in der der Reiz eine Erregung von Nervenendorganen hervorruft; diese Einrichtung ist im allgemeinen besonders hochempfindlich für eine besondere Art von Reizen. Von dort führt sodann eine Nervenverbindung zum Zentralnervensystem und hier kommt die eigentliche Wahrnehmung zustande."

Die Wärme- und Kälteempfindungen gehören physiologisch neben den Tast- und Schmerzempfindungen zu dem fünften Sinn, dem Gefühlssinn. Unter Gefühl verstehen wir also eine Anzahl deutlich voneinander unterscheidbarer Sinne. Ein Teil dieser Sinne hat seinen Sitz in der Haut, ein anderer in inneren Organen, Muskel, Sehnen und Gelenken. Nach dem Gesetz der „spezifischen Erregbarkeit" müssen wir annehmen, daß für jeden der verschiedenen Sinne spezifische Nervenorgane vorhanden sind. So sind auch tatsächlich die verschiedensten Nervenendorgane, z. B. die sogenannten freien Nervenendigungen nach v. Frey, ferner, was uns diesbezüglich mehr interessiert, die Ruffinischen Körperchen als Rezeptoren des Wärmesinnes und die Krause'schen Endkolben als spezifische Empfänger des Kältesinnes gefunden worden.

Strughold, der zahlreiche Untersuchungen über den Kältesinn in der Mundhöhle angestellt hat, berichtet folgendes: „In fast all den hochgradig und mittelmäßig kalt empfindlichen Gebieten sind von den Histologen Endkolben nachgewiesen worden, über ihr Vorkommen in den nicht kalt oder wenig kalt empfindlichen dagegen liegen keine Angaben vor. Dieser Befund liefert einen neuen Beleg für die Auffassung, daß die Krause'schen Endkolben die spezifischen Empfänger des Kältesinnes sind."

Die Auslösung der verschiedenen Sinnesempfindungen ist örtlich gebunden. So gibt es Punkte, die nur eine Tastempfindung und solche, die nur eine Schmerzempfindung vermitteln, Orte, die nur wärmeempfindlich und solche, die nur kälteempfindlich sind. Der Temperatursinn hat also gesonderte Rezeptoren für Wärme- und Kälteempfindungen.

Dies wären die Angaben der Physiologen nach dem heutigen Stand der Wissenschaft. Bevor aber diese Ergebnisse erzielt wurden, hat es viele Streitfragen und Modifizierungen im Laufe der Zeit gegeben, und ich möchte jetzt auf die ersten klassischen Versuche über Temperaturempfindungen zurückgreifen. Der erste, der gestützt auf Gründe, welche später unzureichend erschienen, eine anatomisch-physiologische Unterscheidung zwischen Tastsinn und Temperatursinn „(caloris et frigoris sensus)" anführte, war Pechlin (1691). Auch Erasmus Darwin (1794) schlug die gleiche Unterscheidung vor und führte zur Stütze die Beobachtung eines Kranken mit Lähmung des Tatstsinnes an, bei welchem der Wärmesinn erhalten war. Aber diese Angaben blieben lange unbeachtet, bis E. E. Weber (1834) als erster ein systematisches Studium der Physiologie der Empfindungen unternahm. Nach seiner Anschauung jedoch sollten alle einzelnen Empfindungsorgane eine gleiche Reizbarkeit besitzen. Die empfindlichen Endapparate für Druck und Kälte z. B. sollten dieselben sein und nur in verschiedener Weise für die gesonderten Reizmittel reagieren. Diese Annahme stützte

er auf die Tatsache, daß eine kalte Münze auf die Stirne gelegt schwerer empfunden wurde als wenn sie Zimmertemperatur hatte. Die Kälte- und Druckempfindungen gehörten also nach Weber's Ansicht zueinander und mußten auf „irgendeinem Stadium gleicher Qualität sein". Auch die Kälte- und Wärmeempfindungen sollten von denselben Organen vermittelt werden.

Das Zustandekommen der Temperaturempfindungen suchte Weber in Temperaturänderungen der nervösen Endapparate. „Die Empfindungen der Wärme und Kälte sind positive und negative Größen zwischen welchen der Nullpunkt, der durch die Wärmequelle bestimmt wird, die wir in uns haben, liegt. Die Temperaturempfindungen sind entweder positive, d. h. Wärmeempfindungen, wenn die Temperatur in unseren empfindenden Teilen steigt, indem ihnen Wärme zugeführt wird, oder negative Wärmeempfindungen, d. h. Kälteempfindungen, wenn ihre Temperatur sinkt, indem ihnen Wärme entzogen wird."

Hering machte wohl eine Unterscheidung zwischen den Endapparaten des Drucksinnes und des Temperatursinnes, dagegen war auch er der Meinung, daß die qualitativ getrennten Empfindungen der Wärme und der Kälte von den gleichen Nervenendorganen vermittelt werden.

Auch Vierordt nahm für die Temperaturempfindungen gemeinschaftliche Endapparate an. Nach seiner Ansicht sollten die verschiedenen Empfindungen der Wärme und Kälte von der Richtung des Wärmestromes in der Weise abhängig sein, daß die Wärmeempfindung entsteht, „wenn der Strom in der Richtung von außen nach innen und umgekehrt die Kälteempfindung, wenn derselbe von innen nach außen geht."

Der erste, der die Unterscheidung in Wärme- und Kältesinn machte, war Herzen im Jahre 1879. Durch eine zufällige Beobachtung entdeckte er, daß der Temperatursinn sich aus zwei gesonderten Sinnen zusammensetzte. Herzen erwachte in der Nacht mit einem außerhalb der Bettdecken liegenden „eingeschlafenen" Arm, der also für die Tasteindrücke unempfindlich geworden war, berührte die gefühllose Hand mit der normalen und empfand in der ersten ein deutliches Gefühl von Wärme. Als er aber dieselbe mit dem Marmor des Nachttisches in Berührung brachte, war er überrascht zu finden, daß sie den Eindruck der Kälte durchaus nicht empfand, was nicht anders zu erklären war als durch die Möglichkeit der Existenz zweier unabhängiger Temperatursinne, nämlich eines Wärmesinnes und eines Kältesinnes, die sich durch einen mäßigen Druck auf die Nervenstämme voneinander trennen lassen und zwar derart, daß der Kältesinn zugleich mit dem Tastsinn verschwindet, während die Empfindlichkeit für Wärme erhalten bleibt und erst viel später bei lang andauerndem Drucke eingebüßt wird.

Diese grobe Beobachtung führte Herzen zu folgenden Versuchen: „Er setzte mehrere Personen in Stühle ohne Sitz, um durch Kompression des Ischiadicus das Einschlafen der Beine herbeizuführen. Das eingeschlafene Bein wurde nun in unregelmäßiger Aufeinanderfolge und ohne Wissen des zu Untersuchenden mit Gegenständen von 0°, 20—22°, 40—45°, berührt. Es wurden von 45 derartigen Berührungen weder die 15 kalten (0°) noch die 15 thermisch indifferenten (20°), wohl aber die 15 warmen (40°) empfunden.

Diese Beobachtungen zeigten, daß bei experimentell aufgehobener Empfindlichkeit für Kälte, die Empfindlichkeit für Wärme erhalten bleibt, sie wird demnach von anderen Nervenorganen vermittelt und ist unabhängig vom Kältesinn.

Herzen stellte weiterhin fest, daß die Wärmeempfindung auch von anderen Bahnen fortgeleitet wird als die Kälteempfindung. Er prüfte die Reaktionszeit und beobachtete, daß die Wärmeeindrücke bedeutend langsamer zum Gehirn geleitet werden als die Kälteeindrücke.

Später erkannten Blix (1883) und unabhängig von ihm Goldscheider (1884), daß Wärme- und Kälteorgane getrennt vorhanden seien.

Blix unternahm eine streng lokalisierte Faradisierung der Haut mit einem fein zugespitzten Metalldraht und fand dreierlei „spezifische Nervenapparate", einen für Wärme, einen für Kälte und einen für Druck.

Auch Goldscheider fand Temperaturnerven, welche in ihrer spezifischen Qualität reagierten. „Gewisse Stoffe zeigten eine besondere Affinität zu den Kälte-, andere zu den Wärmepunkten".

Goldscheider hat als erster ausführlich die Temperaturpunkte der Mundhöhle untersucht. Er benutzte zugespitzte Messingstäbe, deren Spitze zu einer feinen Platte abgeschliffen wurde. Die Stäbe wurden mit Gummischläuchen isoliert und in heißem oder kaltem Wasser vorbehandelt. Aus seinen Aufzeichnungen geht mit Deutlichkeit hervor, daß die Wärmeempfindlichkeit in der Mundhöhle besonders schwach entwickelt ist, während Kältepunkte bedeutend zahlreicher vorhanden seien.

Auch Kiesow konnte bei seinen Versuchen diese Angaben bestätigen.

In letzter Zeit hat Strughold die Topographie des Kältesinnes in der Mundhöhle dargestellt und fand, daß dieselbe sich nur teilweise mit der des Wärmesinnes deckt, „was auf eine Verschiedenartigkeit der Empfänger dieser beiden Sinne schließen läßt".

Diese soweit angeführten Beobachtungen über Wärme- und Kälteempfindlichkeit wurden an der Haut bzw. Schleimhaut gemacht. Was nun die Sensibilität der Zähne anbetrifft, berichten Port-Euler folgendes: „Die letztere (Sensibilität) kann in ihrem Umfang

außerordentlich verschieden sein; bei dem einen Individuum bedarf es ganz grober Insulte, bei dem anderen wieder nur eines leichten Reizes, um Schmerzempfindung auszulösen; der eine kann z. B. — immer normal entwickelte Zähne vorausgesetzt — Eisstücke längere Zeit mit den Zähnen in Berührung lassen, der andere spürt schon bei mäßig kaltem Wasser deutliche Schmerzen. Abgesehen von sehr starken Temperaturreizen wird die Sensibilität des Dentins kaum je zutage treten, solange der Schmelzüberzug ein vollständiger ist. Schon der geringe Prozentsatz organischer Materie an sich läßt begreiflich erscheinen, warum gerade dieser Teil der Hartsubstanzen die geringste Empfindlichkeit besitzt. Das Vorhandensein von Nervenendigungen im Schmelz, wie sie Morgenstern beschreibt, ist dann auch durchweg abgelehnt worden. Dagegen mußte die prompte Reaktion bei Reizen auf frei gelegtes Dentin den Gedanken naherücken, ob nicht wenigstens in dieser Hartsubstanz sensible Nervenfasern als Vermittler sich vorfänden."

Und jetzt können wir dem eigentlichen Thema wieder näherkommen und uns den anatomischen und histologischen Bau der Zähne vergegenwärtigen, um erörtern zu können, ob die Zähne überhaupt wie andere Sinnesorgane Empfindungen aufnehmen und weiterleiten können.

Anatomische und histologische Betrachtung der Zähne.

Ueber die Nervenanatomie der Zähne wäre zu sagen, daß der 2. und 3. Trigeminusast die Versorgung übernimmt. Der sensible Nerv für den Oberkiefer und dessen Zähne ist der Nervus infraorbitalis und stammt vom Trigeminus II. Seine Hauptäste sind die Nervi alveolares superiores, die gemeinsam den Plexus dentalis superior bilden, von dem aus Faserbündel als Rami dentales superiores zu jedem einzelnen Foramen apicale gehen, um sich als sensible Fasern in der Pulpa zu verbreiten.

Die Nerven der Zähne des Unterkiefers stammen vom Nervus alveolaris inferior, einem Ast des Trigeminus III. Im Canalis mandibularis gibt der Nervus alveolaris inferior die Nervi dentales inferiores ab, die den Plexus dentalis inferior bilden und Zweige zu jedem Foramen schicken (Wetzel). Histologisch bestehen die Zähne aus drei Hartsubstanzen: dem Schmelz, dem Dentin und dem Zement.

Das Zement interessiert uns in diesem Zusammenhang nicht, da es für eine direkte Aufnahme von Empfindungen nicht in Frage kommt.

Der Schmelz besteht aus kalkhaltigen Prismen, vor allem aus phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk. Geringe Mengen von Fluorkalzium und phosphorsaurer Magnesia sind ebenfalls vorhan-

den. An organischer Substanz ist der Schmelz sehr arm, enthält etwa 5% (Münch).

Ueber die Frage, ob der Schmelz ein totes Gewebe darstellt oder ob in ihm vitale Vorgänge stattfinden können, spricht sich schon im Jahre 1909 G. Fischer im Gegensatz zu anderen Autoren für eine organische Verbindung zwischen Schmelz und Dentin aus: „Plasmabüschel im Schmelz vermitteln in Fortsetzung der Dentinästchen die Schmelzernährung". Auch Münch nimmt an, daß im Schmelz ein „gewisser Stoffwechsel" vor sich geht. Er fand in Zahnschliffen „mehr oder weniger Schmelzkanäle", deren Inhalt er als zusammenhängend mit den Fortsätzen der Odontoblasten deutet und zieht aus seiner Untersuchung den Schluß, daß der Zahnschmelz nicht mehr als totes Gewebe betrachtet werden darf.

Das Dentin bildet keine kompakte Masse, sondern führt im Innern einen Hohlraum, der am Foramen apicale seinen Ausgang nimmt. In diesem Hohlraum liegt die Pulpa, ein aus Bindegewebe, Nerven und Gefäßen bestehendes Gebilde, das von den Pulparandzellen, den Odontoblasten aus in die Dentinkanälchen Protoplasmaausläufer entsendet, die nach ihrem Entdecker Tomes die Tomes'schen Fasern genannt werden. Walkhoff hielt diese Protoplasmafädchen für die sensiblen Aufnahmeorgane. Er lehnte aus histologischen und entwicklungsgeschichtlichen Gründen das Vorhandensein von Nerven im Dentin ab. „Nach allen bisher bekannten histologischen Einzelheiten können wir nicht umhin, die Zahnfasern als Vermittler der veränderten und vermehrten Empfindlichkeit anzusehen." „Danach kommt den Tomes'schen Fasern eine doppelte Eigenschaft zu: zentrifugal für die Ernährung des Dentins und zentripetal für die Weitergabe empfangener Reize wirksam zu sein; die in feinem Netz die Odontoblasten umspinnenden Nervenendigungen nehmen dann den Reiz auf und leiten ihn weiter, bis er zum Bewußtsein kommt."

Auch G. v. Black nahm an, daß die Empfindlichkeit ihren Sitz in den Protoplasmafortsätzen der Odontoblasten hat: „Nerven finden sich im Dentin nicht. Die Tomes'schen Fasern vermitteln die Empfindung. Die Tomes'sche Faser ist also hochorganisierte, lebende und funktionierende Zellsubstanz, ein Teil der Odontoblastenzelle, eine Verlängerung ihrer Kernsubstanz, gewissermaßen ein funktionierendes Organ der Zelle. Wenn wir also eine Faser berühren, so berühren wir damit einen lebenden Teil der Odontoblastenzelle selbst. Diese letzte wieder steht, wie vielfach nachgewiesen, in physiologischer Verbindung mit Nervenendigungen; daher wird der Reiz, der durch Verletzung der Faser entsteht, durch die Nerven zum Gehirn geleitet und dort in eine Schmerzempfindung umgesetzt".

Gysi, der das Vorhandensein von Nerven im Dentin ebenfalls nicht anerkannte, suchte das Leistungsvermögen für empfangene Reize in anderer Weise zu erklären. Er nahm ein Art hydraulischen Druckes an, der sich durch die Dentinkanälchen auf die Odontoblasten weiter verbreitet und von da aus den Anschluß an das Nervensystem der Pulpa findet.

Dagegen hatte Römer schon 1899 folgende Beobachtung gemacht: „Die Nerven der Pulpa durchdringen als marklose Fasern die Zwischenräume zwischen den Odontoblasten, gelangen in die Zone zwischen Odontoblasten und Zahnbein und dringen hier in das Innere der Odontoblastenfortsätze bzw. Kölliker'schen Zahnbeinröhrchen ein."

Und zur gleichen Zeit berichtet Morgenstern sogar zwei verschiedene Systeme von Nerven im Dentin gefunden zu haben: „Ich glaube den Beweis erbracht zu haben, daß außer den Kölliker'schen Röhrchen noch zahlreiche andere röhrenartige Gebilde das Zahnbein durchziehen und daß somit für die Lokalisation der Empfindung im Zahnbein noch andere Wege gesucht werden können als die Kölliker'schen Röhrchen". „Von der Ueberzeugung durchdrungen, daß keine Empfindung ohne Fortleitung auf dem Wege der Nervenbahnen zustandekommen kann, daß also weder eine Gewebsflüssigkeit als solche, noch das Protoplasma — in welcher Gestalt es auch auftreten möge — die Fähigkeit hat, einen als Empfindung zur Aeußerung kommenden Reiz fortzuleiten, halte ich es quasi für ein Axiom, daß die unbestrittbare Sensibilität des Zahnbeines auf Zahnbeinnerven beruht. — Jede Theorie, welche die genannte Sensibilität ohne direkte Vermittlung von Nerven zu erklären sucht, ist vom physiologischen Standpunkt unmöglich". Diese Angaben wurden bestätigt, als es Fritsch und gesondert von ihm Dependorf (1913) gelang, Nerven unabhängig von den Tomes'schen Fasern in der Dentingrundsubstanz nachzuweisen. Fritsch berichtet: „Es steht somit also sicher fest, daß das Dentin mit Nerven versorgt wird und findet seine Sensibilität eine leichte Erklärung. Ja, es zeigt sich sogar, daß die Morgenstern'sche Anschauung, es gäbe zwei Systeme von Nervenfasern, richtig ist.... Jedenfalls muß man nunmehr zwischen Nervenfasern unterscheiden, die in der Grundsubstanz des Dentins verlaufen gegenüber solchen, die in die Dentinröhrchen eintreten und dort in dem von mir jetzt aufgefundenem Lymphraum verlaufen.... Jedenfalls ist vom großen Werte, daß nunmehr alle Theorien über die Sensibilität des Zahnbeins hinfällig sind, nachdem der sichere Beweis der Nervenversorgung desselben erbracht ist".

Und Dependorf fand ebenfalls, daß „Neurofibrillen aus der Pulpa durch die Odontoblastenschicht hindurch in die dentinogene Substanz und ins Dentin eindringen, indem sie die Räume zwischen

den Zellen als Weg benutzen; ferner, daß „Neurofibrillen von hier aus in der dentinogenen Substanz und im Dentin im Bereiche der Zwischengrundsubstanz unabhängig von den Tomes'schen Fasern innerhalb des Dentinrohres verlaufen". ... „Demnach schlagen die Nervenfasern im Dentin zweierlei Wege ein, einmal innerhalb der Grundsubstanz und zweitens innerhalb der Dentinröhrchen. Wie ich angedeutet habe, ist vielleicht ein gewisser Zusammenhang zwischen den Fasern nicht ganz von der Hand zu weisen. Der verschiedene Verlauf der Nerven im Dentin legt die Annahme nahe, daß die Bedeutung dieser Nervenfasern ebenfalls eine verschiedene ist, daß die eine Faser der Empfindung, die andere dagegen der Ernährung und dem Stoffwechsel dient".

In neuester Zeit hat auch M ü n c h im Zahnbein und in der Nähe der Schmelzdentingrenze feinste Nervenendigungen nachgewiesen.

Da wir nun wissen, daß die Zähne imstande sind, Empfindungen aufzunehmen und weiterzuleiten, können wir uns jetzt den Versuchen zuwenden, die im Laufe der Zeit in Bezug auf die Wärme- und Kälteempfindlichkeit der Zähne gemacht worden sind, und wir werden erfahren, ob die Zähne „spezifische Wärme- und Kältepunkte" besitzen.

Methodik der bisher unternommenen Prüfungen auf Warm- und Kaltempfindlichkeit der Zähne.

W a l k h o f f, der das Ziel verfolgte, die außerordentliche Empfindlichkeit bei jeder Art der Zahnbehandlung herabzusetzen, hat 1899 ausgedehnte Untersuchungen über die „Thermometrie der Pulpa" unternommen. Er wandte eine Spritze an, welche die Temperatur des in ihr enthaltenden Wassers direkt angab. In den Kolben wurde ein Thermometer eingefügt, dessen Quecksilberkugel in den Flüssigkeitsraum der Spritze frei hineinragte. Binnen weniger Sekunden konnte die Temperatur der Flüssigkeit auf der Skala abgelesen werden. Letztere umfaßte die Teilung von 20^0—60^0 C und genügte somit allen „kritischen Punkten der Thermometrie".

W a l k h o f f berichtet über seine Ergebnisse folgendes „Bei gereizten Pulpen mit pathologischer Empfindlichkeit der Zahnfasern wird Wasser von 22—24^0 schon öfter schmerzhaft, während gesundes, eben bloßgelegtes Zahnbein unter Umständen eine Temperatur von 20^0, ja bis 15^0 nur als kalt empfindet". W a l k h o f f spricht sich also für eine Kaltempfindlichkeit des Dentins aus.

Auch S t e i n e r beobachtete außer der Schmerzempfindlichkeit eine wohlausgebildete Empfindlichkeit für Wärme und Kälte. Er machte seine Versuche an der Oberfläche vollkommen gesunder Zähne und achtete auch auf die Intelligenz der betreffenden Versuchspersonen. Er suchte nur solche aus, die die Empfindungen deut-

lich zu beurteilen vermochten und führte die Versuche in folgender Weise aus: Es wurden die 4 oberen Schneidezähne benutzt, welche aus einem Fenster heraussahen, das in einem festsitzenden Abguß von Stentsmasse der oberen Zahnreihe geschnitten worden war, um alle unbeabsichtigten seitlichen Berührungen des Zahnfleisches zu verhüten und dadurch den Einfluß der strahlenden Wärme auf das Zahnfleisch auszuschließen. Steiner brachte nun die Thermometerkugel eines im Sandbade erwärmten Thermometers auf den Zahn und las die in dem betreffenden Moment vorhandene Temperatur an demselben ab. Es sollten Temperaturen von 60° aufwärts geprüft werden. Um die betreffende Temperatur wirklich auf den Zahn einwirken zu lassen, erwärmte Steiner das Thermometer um 5° höher, weil dasselbe auf dem Wege vom Sandbad bis zum Zahne stets etwa soviel an Temperatur verlor. Steiner fand, daß „eine echte Wärmeempfindung bei 80° C eintrat und eine zweite Person, die an einem ganz anderen Tage und ohne Kenntnis jener Zahl geprüft wurde, wies dasselbe Resultat auf (78—80° C). Bei weiterer Steigerung der Temperatur trat bei 95° C Schmerz auf". Also liegt nach Steiner dort die Temperatur für den Wärmeschmerz. Bei sinkender Temperatur wurde + 5° C als kalt angegeben. Die Temperatur für den Kälteschmerz erreichte Steiner bei — 15° C noch nicht. „Es mag sein, daß in Anbetracht der kleinen Berührungsfläche, welche die Thermometerkugel bietet, die Empfindungstemperatur etwas höher bzw. tiefer liegt, da diese Funktionen auch von der Größe der Berührungsfläche abhängen, aber da an und für sich der Zahn keine große Berührungsfläche besitzt, kommt es nicht darauf an, ob nun dieser Punkt einige Grade höher bzw. tiefer liegt, sondern das Wesentliche war der Nachweis einer Temperatur- und Schmerzempfindung des ganz unversehrten Zahnes erst bei ziemlich hohen bzw. tiefen Temperaturen". Die Erregung und Vermittlung dieser Empfindungen schreibt Steiner den Dentinnerven zu, „wobei von dem Schmelze aus die Temperatur geleitet wird".

Außerdem hat noch Cecconi bei seinen Versuchen über das Empfindungsvermögen gesunder Zähne Temperaturempfindlichkeit feststellen können. „Bei den thermischen Reizen äußert sich zwischen 70—90° Wärme, darüber hinaus Schmerz. Bei 1—5° keine Empfindung. Erst unter — 15° wird Kälte als Schmerz empfunden."

Dagegen soll nach Weber, v. Frey, Türkheim, Münch und Schriever der Zahn nur eine einzige Empfindungsmodalität, nämlich Schmerz vermitteln können und Goldscheider berichtet von sogenannten „unterschmerzlichen" Empfindungen.

Weber jedoch beobachtete nicht vollkommen unversehrte Zähne, sondern er spricht vom „entblößten Zahnkeim". „Ebenso entsteht, wenn Wärme, Kälte oder Druck den entblößten Zahnkeim

affiziert, ein Nervenschmerz, der in allen 3 Fällen derselbe ist und nicht die mindeste Aehnlichkeit mit den Empfindungen der Wärme, Kälte und des Druckes hat. Der Schmerz, der durch Wärme und Kälte entsteht, ist von der Empfindung der Wärme und Kälte sehr verschieden. Ist derselbe nicht heftig, so empfindet man zugleich auch die Wärme oder Kälte, die ihn verursacht und kann dann den durch Wärme entstehenden Schmerz von dem, welcher durch Kälte hervorgebracht wird, unterscheiden. Ist er aber heftig, z. B. wenn Wärme oder Kälte auf den entblößten Zahnkeim wirken, so ist es dieselbe Empfindung, sie mag durch Wärme oder Kälte verursacht werden." V. Frey prüfte die Zähne mit elektrischen Reizen und konnte ebenfalls nur eine Schmerzempfindlichkeit feststellen.

„Ausschließlich schmerzempfindende Orte sind

1. die Cornea,
2. die Zähne, genauer das Dentin und die Pulpa der Zähne.

Während die betreffende Stromstärke auf dem den Zähnen unmittelbar anliegenden Zahnfleischsaum nur „schwirrend" empfunden wurde, war derselbe Reiz auf den Kanten und abgeschliffenen Flächen der Schneidezähne schmerzhaft und Wechselströme lösten an den Zähnen eine geradezu unerträgliche Schmerzempfindung aus."

Andererseits aber sieht v. Frey den elektrischen Reiz als einen „unphysiologischen" an, da durch denselben nicht das Endorgan selbst, sondern auch der zuführende Nerv getroffen wird und zwar dadurch, daß bei elektrischer Reizung die zuführenden Nerven in Erregung geraten, was bei mechanischer Reizung nicht der Fall sei.

Goldscheider beobachtete beim Einwirken von Temperaturreizen sogenannte „unterschmerzliche" Empfindungen. „Kälte- und Wärmereize auf die Zähne appliziert erzeugen bei mir nicht bloß schmerzhafte, sondern bei zweckmäßiger Abstufung auch unterschmerzliche Empfindungen in den Zähnen. Dies geschieht sowohl beim Einnehmen von kaltem bzw. heißem oder warmem Wasser in den Mund wie beim Anlegen einer kühlen Metallkugel (sog. Mandelquetscher) an den Zahn bzw. an Zahnplomben. Es treten bei vorsichtiger Abmessung ziehende, bohrende, nagende, bebende, nachhaltende Empfindungen ein, welche tief im Zahn lokalisiert werden. Es kommt gelegentlich zu aufblitzenden Schmerzen, welche aber sofort abklingen. Letztere sind wohl als fremdartig, unbehaglich, bei stärkeren Graden als unangenehm zu bezeichnen, halten sich aber — und das ist der springende Punkt — unter der Schmerzgrenze." „Auch die Applikation des faradischen Stromes an plombierten Zähnen erzeugt bei mir bei zweckmäßiger Abstufung desselben unterschmerzliche Empfindungen bohrenden Charakters."

Gegen Goldscheider's Bemerkungen wäre jedoch schon von vorneherein einiges einzuwenden. Wenn Goldscheider verschieden temperiertes Wasser in den Mund brachte, kann man mit

Bestimmtheit annehmen, daß er hierbei auch Zähne traf, bei denen vielleicht durch Atrophie des Zahnfleisches das Zahnbein freilag oder bei denen die Schmelzdecke durchgekaut war. Da also das Zahnfleisch und die nicht einwandfreien Zähne nicht abgeschirmt waren, kann es sich um Lokalisationstäuschungen über fortgeleitete Empfindungen und Verwechslungen von Empfindungen gehandelt haben.

Auch bei den Versuchen mit elektrischen Reizen kann man nicht von einwandfreien Resultaten sprechen, da Goldscheider nicht angibt, ob die Füllungen nicht etwa am Zahnhals das Zahnfleisch berührten, denn dann wäre die Reaktion nicht im Zahn, sondern im Zahnfleisch zustandegekommen.

Schröder macht über die Einwirkungen des elektrischen Stromes folgende Angaben: „Während der Strom — so führt Witthaus aus — von so geringer Intensität (wie ihn der Fuytsche Apparat liefert) auf der äußeren Haut gar nicht, auf der Zunge ein wenig wahrgenommen wird, reagieren das lebende Zahnbein und die Pulpa hierauf sehr stark durch eine Empfindung, die zwischen leichtem Kitzel und heftigem Schmerz schwankt."

Und Fischer fand, daß man auf den Höckerspitzen gesunder Zähne ohne Schaden einen Strom von 20 Volt einleiten kann, ohne daß auch nur die geringste Reizerscheinung auftritt. Setzt man aber die feine Drahtspitze über die schmelzarme Fissurenspalte desselben Zahnes und leitet von hier auf die gleiche Stromstärke ein, so findet je nach der Tiefe der Fissur und je nach deren Beschaffenheit eine oft starke Schmerzerregung statt.

Wie jedoch schon erwähnt, sind bei Versuchen mit elektrischen Reizen die Abweichungen von den Ergebnissen der mechanischen Reizart nach v. Frey in der Eigenart der elektrischen Reizung selbst begründet. Nach Münch u. Schriever spielen hierbei noch andere Faktoren eine Rolle: „Die Schwellen für elektrische Reize hingegen hängen offenbar in erster Linie ab von der jeweiligen Anordnung der Schmelzprismen, dem Vorkommen stromführender Kanälchen im Schmelz usw."

Weiterhin beschäftigte sich Türkheim mit der Temperaturempfindlichkeit der Zähne und stellte fest, daß die Zähne auf thermische Reize hin nur mit Schmerz reagieren. „Daß Walkhoff von einer „Kaltempfindung" des Dentins spricht, erscheint schon aus dem Grunde völlig unverständlich, da der Pulpa und dem Dentin die spezifischen Wärme- und Kältepunkte fehlen." „Eigene Untersuchungen haben ergeben, daß normales Dentin schon Temperaturen von 27° C nicht als warm oder kalt, sondern, was bedeutungsvoll ist, als Schmerz empfindet." Diese für eine Warm- wie für Kaltempfindlichkeit relativ niedrige Reizschwelle ist jedoch durch die Tatsache bedingt, daß Türkheim seine Versuche nicht

an Zähnen mit unversehrtem Schmelz, sondern am bloßgelegten Dentin unternommen hat. Es wurden eine größere Anzahl von Patienten in folgender Weise untersucht: Kariöse Zähne, d. h. solche, deren Pulpa noch in keiner Weise erkrankt war und infolgedessen dem Patienten noch keine subjektiven Symptome anzeigte, wurden exkaviert, die kariöse Masse wurde entfernt, bis das harte, normale Zahnbein freilag und dann wurden mit der gewöhnlichen 10 ccm enthaltenden Wasserspritze die Zähne ausgespritzt und die Patienten aufgefordert, bei der geringsten Empfindung bzw. bei Auftreten von Schmerz sich bemerkbar zu machen. Es wurde dann Wasser von 37,5° C sukzessive abgekühlt, jedesmal um 1° und die Angabe des Patienten, ob der Zahn nur empfindlich oder schmerzhaft wäre, notiert. Zwischen jedem Ausspritzen wurde der Mund mit lauwarmem Wasser ausgespült. „Es zeigte sich, daß Wasser von 29° C schon als empfindungs- bzw. schmerzauslösend angegeben wird. Die Kurve erreicht ihren Höhepunkt zwischen 27° und 30° C, d. h. in dieser Grenze wird am meisten Empfindung und Schmerz gespürt."

In neuester Zeit haben Münch u. Schriever Prüfungen auf Warm- und Kaltempfindlichkeit der Zähne unternommen und ich lasse eine genaue Beschreibung der hierbei angewandten Methodik folgen, weil dieselbe vom physiologischen Standpunkt aus wesentlich genauer erscheint, als diejenige der vorher erwähnten Autoren.

Als Reizkörper benutzten sie einen Temperator, der aus zwei an einem Griff befestigten Röhrchen bestand, die an ihrem einen Ende sich zu einer kleinen Kammer mit runder, dünner Bodenfläche vereinigten. Das andere Ende war mit einem Schlauch verbunden, der als Zu- bzw. Ableitung von Wasser in die Kammer diente. Dasselbe kam aus einem erhöht stehenden Gefäß und wurde vor Ein- bzw. nach Austritt in die Kammer auf seine Temperatur hin in der Weise gemessen, daß in die Leitung jederseits eine kleine Dose mit eintauchendem Thermometer aufgenommen wurde. „Bei nicht zu geringer Geschwindigkeit des Wasserstromes (etwa 200 ccm pro Minute) und nicht zu langen Schlauchstücken vom Temperator zu den Thermometern (etwa 20 cm) erreicht man leicht, daß die Temperaturen an beiden Thermometern gleich sind. Damit ist ohne weiteres auch die Temperatur des Wassers in der Kammer und die der Kammerbodenfläche gegeben, welche den zu untersuchenden Stellen aufsitzt." Münch u. Schriever schirmten Zahnfleisch, Lippen und Zunge ab, um nicht von dort aus durch Strahlung des Temperators Empfindungen zu erhalten, die leicht zu Täuschungen hätten Anlaß geben können. Sie begannen dann mit Temperaturen des durchfließenden Wassers von 40°, ohne daß sich aber, wie sie berichten, „auch bei noch so langem Aufhalten auf eine Zahnstelle eine Spur von Warmempfindung zeigte. Das gleiche war der Fall,

wenn wir höhere Temperaturen verwandten. Ja, selbst wenn wir das Wasser in dem erhöht stehenden Gefäß kochen ließen, sodaß es mit immer noch 95°, 96° und mehr je nach Durchflußgeschwindigkeit in der Kammer ankam, haten wir nie die geringste Warmempfindung ... „Was wir bei den Temperaturen von etwa 60—70° an aufwärts spürten, war nichts als ein leichtes „Ziehen", das kurze Zeit anhielt und dann wieder verschwand. Von einer Warmempfindung war es jedenfalls durchaus verschieden. Von anderen Vpn. (Studenten), an denen wir die Versuche wiederholten, erhielten wir entsprechende Aussagen. Da nicht angenommen werden kann, daß die Schwelle für Wärmeempfindungen noch höher liegt, als bei den hier verwandten Temperaturen — auf der Haut würde der Reizkörper bei ihnen schon längst Brandblasen erzeugen — folgt aus den Versuchen, daß dem Zahn eine eigentliche Warmempfindlichkeit fehlt."

Bei der Prüfung auf Kaltempfindlichkeit wurden bei allen Versuchspersonen Kaltempfindungen zunächst prompt geäußert, auch schon wenn gar nicht besonders niedere Temperaturen wie 25° verwandt wurden. Die Kaltempfindungen wurden auch stets richtig unter den Reizkörper lokalisiert. Dann aber wurde das Zahnfleisch in der Umgebung des gerade zu untersuchenden Zahnes mit einer 20%igen Novocainlösung vertaubt." Es war überraschend, berichten Münch u. Schriever, wie Kaltempfindungen dann mit einem Schlage fehlten. Selbst mit Eiswasser von 0° waren solche dann nicht mehr auszulösen, und man spürte dann nichts als ekligen dumpfen Schmerz. Daß die Zahnsensibilität selbst durch das kurze Bepinseln des Zahnfleisches mit Novocain betroffen wird, ist in jeder Hinsicht unwahrscheinlich, sodaß man wohl schließen muß, daß auch eine eigentliche Kaltempfindlichkeit dem Zahn fehlt, und daß die bei nicht vertaubtem Zahnfleisch wahrgenommene Kälte nur durch Fortleitung auf dieses gespürt wird. Eine solche Ansicht stützt auch der Umstand, das vom intakten Zahnfleisch aus alle Vorbedingungen für die leichte Perzeption von Kälte, welche von den Zähnen fortgeleitet wird, gegeben sind. Denn wie zuerst Strughold gefunden hat, sind in der Mundhöhle gerade der Zahnfleischrand und die interdentalen Fortsätze des Zahnfleisches besonders kaltempfindlich."

Daß nun die Zähne die empfangenen Kaltreize auf das Zahnfleisch übermitteln, ohne selbst eine Kaltempfindung wahrnehmen zu können, erklären Münch u. Schriever in der Weise, daß den Zähnen die besondere Fähigkeit zukommt, Reize, zu deren Transformation sie selbst keine Rezeptoren besitzen, auf benachbarte Rezeptoren zu übertragen. „Vor allem unterstützen sie so die Wahrnehmung von Tasteindrücken" und „in geringerem Maße helfen die Zähne auch zur Uebermittelung von Kaltreizen".

Aus demselben Grunde kämen daher im Gegensatz hierzu keine Wärmeempfindungen zustande, da das Zahnfleisch, wie viele Physiologen nachgewiesen haben, warmunempfindlich ist.

Um noch einmal kurz auf die ersten Prüfungen auf Kaltempfindlichkeit zurückzukommen, bei denen das Zahnfleisch nicht vertaubt war, haben Münch u. Schriever noch folgende Beobachtung gemacht: „Die Lokalisation der Kaltempfindung auf den Zahn, an die vom Temperator berührte Fläche halten wir für eine Täuschung, die dadurch zustandekommt, daß die Vpn. das Aufsetzen des Temperators im allgemeinen auch taktil spüren. Sie wissen den Temperator an einer bestimmten Stelle, an die sie dann zwangsmäßig auch die Kaltempfindung verlegen. In Selbstversuchen vor dem Spiegel spielt sicher auch noch eine Rolle, daß man den Temperator auf eine bestimmte Stelle aufgesetzt sieht, wodurch der Eindruck, daß die Empfindung hier ausgelöst ist, weiterhin bekräftigt wird. Die große Bedeutung begleitender Empfindungen für das Zustandekommen der Täuschung zeigt sehr eindrucksvoll auch folgender Versuch: Man umkleidet den Temperator mit nasser Watte und setzt ihn einer Vp. so auf einen Zahn auf, daß jede andere Empfindung wegfällt. Der Kälteeindruck ist dann mit einem Mal vage, unbestimmt, ohne genauen Ortswert, woraus folgt, daß ein solcher für gewöhnlich erst durch begleitende Empfindungen gegeben wird."

Soweit die Angaben der Literatur.

Methodik und Resultate meiner eigenen Versuche.

Um nun Täuschungen auszuschalten und möglichst genaue Resultate zu erzielen, habe ich, bevor ich die Versuche anstellte, bezüglich der Methodik verschiedene Punkte in Erwägung gezogen:

1. Zunächst einmal ist es von Wichtigkeit, an welcher Stelle man den Temperator aufsetzt, da die Schwellen für Temperaturreize auch von der jeweiligen Schmelzdecke abhängen.

Rautmann hat in seiner Dissertation über Schmelzmessungen festgestellt, daß der Schmelz an der labialen bzw. buccalen Seite stärker ist als an der palatinalen bzw. lingualen. Ferner muß man auch daran denken, daß an den Schneiden und Kronen die Schmelzdicke infolge Abkauens variiert. Ich habe nun den Temperator labial bzw. buccal aufgesetzt, um eben die Temperaturreize auf eine gleichmäßig dicke Schmelzschicht einwirken zu lassen.

2. Weiterhin hängt die Intensität der Empfindung auch von dem Umfang der gereizten Fläche ab. Ein Temperaturreiz, der sich über ein weites Gebiet erstreckt, erzeugt eine stärkere Empfindung als ein gleich starker Reiz, der auf eine beschränktere Fläche einwirkt. Ich habe auf Lucianis Hinweis, in Wasser von der gleichen Temperatur einen Finger der einen Hand und die ganze andere Hand hin-

eingesteckt und fühlte im Finger eine geringere Temperaturempfindung als in der Hand. Ferner beobachtete Weber, daß ein Reiz, der auf eine kleine Fläche einwirkend eine reine Temperaturempfindung auslöst, bei Einwirkung auf ein ausgedehnteres Gebiet sogar schmerzhaft werden kann. Infolgedessen habe ich darauf geachtet, daß der Reizkörper, den ich anwandte, eine möglichst kleine Berührungsfläche hatte, um eben „reine" Temperaturempfindungen zu erhalten. Herr Professor Strughold vom Physiologischen Institut Würzburg hat mir liebenswürdigerweise einen Temperator zur Verfügung gestellt, der dieser Anforderung, sowie verschiedenen anderen noch, in vollkommener Weise entsprach. Eine genaue Beschreibung lasse ich später folgen, in diesem Zusammenhang sei nur erwähnt, daß die Reizfläche 7 qmm betrug. Die Konstruktion des soeben zitierten Temperators stammt von Scheitz, der ähnliche Prüfungen an der Mundschleimhaut unternommen hatte.

3. Auch die Oberflächenbeschaffenheit des Reizkörpers übt einen Einfluß auf den Reizerfolg aus; denn je nachdem ob derselbe eine glatte oder rauhe Oberfläche hat, wird die Wirksamkeit der Reizung umso stärker oder geringer sein müssen, je größer oder kleiner die Zahl der Berührungspunkte zwischen Reizkörper und Zahn ist. Der Temperator nach Scheitz bestand aus Glas mit glatter Oberfläche und trug auch in dieser Hinsicht zum Erzielen genauer Resultate bei.

4. Weiterhin sind auch die physikalischen Eigenschaften des thermischen Reizkörpers von Bedeutung. Derselbe kann ein guter oder schlechter Wärmeleiter sein. Die Temperaturempfindungen sind umso stärker, ein je besserer Wärmeleiter der reizende Körper ist. Glas hat nun bekanntlich eine schlechte Leitfähigkeit, da aber die Bodenfläche des angewandten Terminators besonders dünn war glaube ich nicht, daß dieser Nachteil von großem Einfluß war.

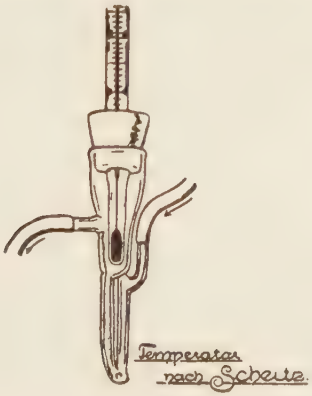
5. Schließlich werden nach Luciani die Endapparate der Temperaturnerven mit umso größerer Stärke erregt, je schneller die Reizung erfolgt. „Da der adäquate Reiz von der Zufuhr oder der Entziehung von Wärme an den Temperaturpunkten dargestellt wird, so können wir sagen, daß die Erregung oder die Reaktion dieser letzteren umso intensiver ist, je rascher in ihnen die Wärmentziehung oder -zufuhr erfolgt." Ich habe bei meinen Versuchen zunächst auch in dieser Beziehung darauf geachtet, eine möglichst rasche Aenderung an den „Temperaturpunkten" zu erzielen, d. h. die in Frage gestellten „Kälteorgane" durch ein schnelles Absinken ihrer Temperatur und die „Wärmeorgane" durch eine schnelle Steigerung derselben zu erregen, habe aber die Beobachtung gemacht, daß ein kurzes und schnelles Aufsetzen des Temperators ungenaue Resultate, oftmals sogar keinerlei Reaktion ergab, da die Durchdringung des Schmelzes längere Zeit in Anspruch nahm, was auch wahrschein-

lich erscheint, wenn man bedenkt, daß der Schmelz, der sich zum allergrößten Teil aus anorganischen Substanzen zusammensetzt, das eigentlich empfindende Organ, die Zahnpulpa, gleichsam wie ein harter Panzer nach außen hin abschließt. Ich habe daher den Temperaturreiz 10—20, oftmals sogar 30 Sekunden einwirken lassen, während z. B. bei Prüfungen an der Schleimhaut nach Scheitz die Dauer des gesetzten Reizes nur 3—5 Sekunden betrug.

6. Auf Münch u. Schriever's Hinweis, den Temperator mit nasser Watte zu umkleiden, möchte ich folgendes erwidern: Da Watte viel Luft enthält und Luft bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter ist, muß sich an der jetzt durch Watte bedingten Berührungsfläche eine andere Temperatur ergeben, als an derjenigen des Temperators. Folglich wäre diese Versuchsanordnung nicht einwandfrei. Ich habe es daher vorgezogen, den Temperator nicht zu umkleiden, habe aber den Versuchspersonen die Augen verbunden, damit sie den Temperator nicht auf eine bestimmte Stelle aufgesetzt sehen und dort zwangsmäßig eine Empfindung angeben. Um eine taktile Empfindung des Aufsetzens zu verhindern oder wenigstens zu verringern, habe ich den Temperator möglichst ohne Druck mit dem Zahn in Berührung gebracht.

Die nun folgende Abbildung zeigt den Temperator nach Scheitz in etwa ⅔ der Originalgröße. Das Wasser kommt aus einem erhöht stehenden Gefäß, strömt, wie der rechte Pfeil andeutet, zunächst durch ein Röhrchen zur Reizfläche, um dann weiter in einen Hohlraum zu gelangen, in den ein Thermometer einmündet. Aus diesem Hohlraum fließt es in Richtung des linken Pfeiles wieder ab. Dieser Temperator hat den Vorzug, daß man die jeweils herrschende Temperatur leicht bestimmen und die zu untersuchenden Stellen bequem erreichen kann.

Die Skala des Thermometers umfaßt die Teilung von — 20 bis + 100° C.



Temperator nach Scheitz.

Die Erwärmung des Wassers in dem erhöht stehenden Gefäß erfolgte mittels eines elektrischen Tauchsieders. Sofern tiefe Temperaturgrade in Frage kamen, wurde es vorher durch Eis gekühlt. Mit Eiswasser und Zusatz von Kochsalz erreichte ich Temperaturen bis -15^0.

Ich begann mit der Prüfung auf Warmempfindlichkeit, schirmte Zahnfleisch und Lippen ab und ließ Wasser von 30^0 Temperatur durch den Temperator strömen. Ich setzte den Temperator 10 Sekunden auf den betreffenden Zahn auf, aber es zeigte sich keine Reaktion. Dasselbe war der Fall, wenn die Reizdauer 20—30 Sekunden betrug. Ich steigerte dann die Temperatur auf 40^0, 50 und 60^0. die Versuchspersonen (Vpn) äußerten sich, eine Warmempfindung nicht wahrnehmen zu können. Bei etwa $65—85^0$ gaben die Vpn an, eine „leichte Empfindung" zu haben, die aber schlecht definiert werden konnte. Als warm wurde sie nicht bezeichnet. Die höchste Temperatur, die ich mit dem Temperator erreichte, war 95^0. Aber auch hierbei erzielte ich eine Warmempfindung nicht.

Dann prüfte ich die Zähne auf Kaltempfindlichkeit. Ich begann mit Temperaturen von $30—20^0$ abwärts. Die Vpn spürten keine Reaktion. Ich kühlte nun das Wasser sukzessive jedesmal um 1^0 bis auf 10^0 herunter ab, wiederum gaben die Vpn an, „nichts" zu empfinden. Bei Temperaturen von ungefähr $+ 8$ bis 0^0 äußerten alle Vpn prompt und sicher, eine Kaltempfindung zu verspüren, jedoch war dies der Fall nur an den Schneidezähnen. An den Eckzähnen und Prämolaren erreichte ich eine Kaltempfindung erst unter 0^0, größtenteils bei -2 bis -10^0. Hierbei achtete ich insbesondere darauf, daß ich den Temperator nicht mit dem Zahnfleisch und den interdentalen Fortsätzen in Berührung brachte, um nicht Lokalisationstäuschungen über fortgeleitete Empfindungen zu erhalten. Bei allen soeben erwähnten Temperaturgraden sagten die Vpn aus, daß es „gerade kalt" sei, die Empfindung sei nicht „besonders stark" oder gar „unangenehm", sondern „nur kalt". Auch wenn ich den Temperator längere Zeit, etwa 20—30 Sek. mit dem betreffenden Zahn in Berührung ließ, wurde die Empfindung nicht intensiver. Als ich aber den Temperator mit Temperaturen von 0 bis etwa -7 und -8^0 auf die Schneidezähne aufsetzte, reagierten die Vpn lebhaft mit einer Schmerzempfindung, die als „stark ziehend" bezeichnet wurde. An den Eckzähnen und Prämolaren empfanden die Vpn erst bei -12 bis -15^0 Schmerz, welcher aber in den meisten Fällen im Vergleich zu der Schmerzempfindung an den Schneidezähnen nicht so intensiv war.

Eine Kaltempfindung bei $+ 25^0$, wie sie Münch u. Schriever angeben, habe ich in keinem einzigen Fall beobachten können.

Ich habe meine Prüfungen an 30 Vpn (größtenteils Kollegen) durchgeführt und habe die Bestimmung der Reizschwellen, d. h. also

jener Temperaturgrade, bei denen die Kaltempfindungen „gerade" zustande kamen, an den Schneidezähnen, Eckzähnen und Prämolaren gesondert vorgenommen. Die Resultate lasse ich jetzt, dargestellt in Tabellen, folgen. In einigen wenigen Rubriken fehlen die Reizschwellen. Es handelt sich da um wurzelgefüllte Zähne, bei denen keine Reaktion auftrat, folglich habe ich dort die Zahnbeschaffenheit angegeben. In allen anderen Fällen waren die Zähne vital und mit unbeschädigtem Schmelz versehen.

Zeichenerklärung: Vp = Versuchsperson,
OK = Oberkiefer,
UK = Unterkiefer.

Die „Schwellen" stellen, wie schon erwähnt, also diejenigen Temperaturgrade dar, bei denen die Kaltempfindungen wahrgenommen wurden. Ich habe auch das Alter angegeben. Wie ich jedoch beobachtete, stand es in keinem Zusammenhang mit den Ergebnissen. Ausschlaggebend war lediglich die Beschaffenheit des Schmelzes, d. h. Vpn mit einer dünneren, bläulichen, „transparenten" Schmelzschicht, wenn ich so sagen darf, hatten Kaltempfindungen schon bei relativ niederen Reizschwellen, d. h. also relativ höheren Temperaturen, während bei Vpn mit einer dicken, weißen Schmelzschicht ich Kaltempfindlichkeit erst bei relativ tieferen Temperaturgraden feststellen konnte.

Versuch 1. Vp. H., 23 Jahre.

Schwellen:		-2^0	-2^0	0^0	$+8^0$	$+8^0$	$+8^0$	$+8^0$	0^0	-2^0	-2^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-2^0	-2^0	0^0	$+9^0$	$+9^0$	$+9^0$	$+9^0$	0^0	-2^0	-2^0

Versuch 2. Vp. W., 23 Jahre.

Schwellen:		-4^0	-4^0	-1^0	$+5^0$	$+6^0$	$+6^0$	$+5^0$	-1^0	-4^0	-4^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-3^0	-3^0	-1^0	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	-1^0	-3^0	-3^0

Versuch 3. Vp. R., 22 Jahre.

Schwellen:	wurzel-gefüllt	-6^0	-2^0	$+2^0$	$+2^0$		$+2^0$	$+2^0$	-2^0	-6^0	-6^0
Zähne: O.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5
Zähne: U.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5
Schwellen:		-6^0	-6^0	-2^0	$+3^0$	$+3^0$		$+3^0$	$+3^0$	-2^0	-6^0	-6^0

Versuch 4. Vp. K., 23 Jahre.

Schwellen:		-5^0	-5^0	-3^0	$+5^0$	$+5^0$		$+5^0$	$+5^0$	-3^0	-5^0	-5^0
Zähne: O.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5
Zähne: U.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5
Schwellen:												

Versuch 5. Vp. J. 28 Jahre.

Schwellen:		-7^0	-7^0	-5^0	$+3^0$	$+3^0$		$+3^0$	$+3^0$	-5^0	-7^0	wurzel-gefüllt
Zähne: O.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	
Zähne: U.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	
Schwellen:		-6^0	-6^0	-4^0	$+4^0$	$+4^0$		$+4^0$	$+4^0$	-4^0	-6^0	-6^0

Versuch 6. Vp. R., 30 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-5^0	$+1^0$	$+1^0$		$+1^0$	$+1^0$	-5^0	-8^0	-8^0
Zähne: O.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	
Zähne: U.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	
Schwellen:		-8^0	-8^0	-5^0	$+2^0$	$+2^0$		$+2^0$	$+2^0$	-5^0	-8^0	-8^0

Versuch 7. Vp. K., 26 Jahre.

Schwellen:		-10^0	-10^0	-6^0	0^0	0^0		0^0	0^0	-6^0	-10^0	-10^0
Zähne: O.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	
Zähne: U.K.	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	
Schwellen:		-8^0	-8^0	-4^0	0^0	0^0		0^0	0^0	-4^0	-8^0	-8^0

Versuch 8. Vp. P., 24 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-5^0	Stift-zahn	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-5^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-5^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-5^0	-7^0	-7^0

Versuch 9. Vp. W., 26 Jahre.

Schwellen:		-5^0	-5^0	-1^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-1^0	-5^0	-5^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-5^0	-6^0	-1^0	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	-1^0	-5^0	-5^0

Versuch 10. Vp. W., 28 Jahre.

Schwellen:		-7^0	-7^0	-4^0	$+1^0$	Stift-zahn	$+1^0$	$+1^0$	-4^0	-7^0	-7^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-4^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-4^0	-7^0	-7^0

Versuch 11. Vp. B., 29 Jahre.

Schwellen:		wurzel-gefüllt	-2^0	-2^0	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	-2^0	-2^0	-2^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-2^0	-2^0	-2^0	$+7^0$	$+7^0$	$+7^0$	$+7^0$	-2^0	-2^0	-2^0

Versuch 12. Vp. G., 35 Jahre.

Schwellen:		-5^0	-4^0	-4^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-4^0	-5^0 wurzelg	
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-4^0	-4^0	-3^0	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	-3^0	-4^0	-4^0

Versuch 13. Vp. W., 22 Jahre.

Schwellen:		-9^0	-9^0	-7^0	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	-7^0	-9^0	-9^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-8^0	-8^0	-6^0	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	-6^0	-9^0	-9^0

Versuch 14. Vp. G., 25 Jahre.

Schwellen:		-3^0	-3^0	0^0	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	0^0	-3^0	-3^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-3^0	-3^0	0^0	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	$+5^0$	0^0	-3^0	-3^0

Versuch 15. Vp. E., 24 Jahre.

Schwellen:		-7^0	-7^0	-5^0	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	-5^0	-7^0	-7^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-6^0	-6^0	-5^0	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	-5^0	-6^0	-6^0

Versuch 16. Vp. St., 27 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-6^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-6^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-6^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-5^0	-7^0	-7^0

Versuch 17. Vp. G., 26 Jahre.

Schwellen:		-9^0	-9^0	-6^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-5^0	-9^0	wurzelgefüllt
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-8^0	-8^0	-6^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-5^0	-8^0	-8^0

Versuch 18. Vp. B., 26 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-4^0	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	-4^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-4^0	$+7^0$	$+7^0$	$+7^0$	$+7^0$	-4^0	-7^0	-7^0

Versuch 19. Vp. M., 21 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-5^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-5^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-6^0	-6^0	-5^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-5^0	-6^0	-6^0

Versuch 20. Vp. K., 24 Jahre.

Schwellen:		-7^0	-7^0	-6^0	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	-7^0	-7^0	-7^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-6^0	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	-6^0	-7^0	-7^0

Versuch 21. Vp. Sch., 15 Jahre.

Schwellen:		-10^0	-10^0	-7^0	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	-7^0	-10^0	-10^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-8^0	-8^0	-6^0	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	-6^0	-8^0	-8^0

Versuch 22. Vp. W., 14 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-7^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-7^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-7^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-7^0	-7^0	-7^0

Versuch 23. Vp. P., 18 Jahre.

Schwellen:		-6^0	-6^0	-3^0	$+4^0$	wurzelgefüllt	$+4^0$	$+4^0$	-3^0	-6^0	-6^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-6^0	-6^0	-3^0	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	$+5^0$	-3^0	-6^0	-6^0

Versuch 24. Vp. M., 19 Jahre.

Schwellen:		-2^0	-2^0	0^0	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	$+6^0$	0^0	-2^0	-2^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		wurzelgefüllt	-2^0	$+1^0$	$+8^0$	$+8^0$	$+8^0$	$+8^0$	$+1^0$	-2^0	-2^0

Versuch 25. Vp. L., 15 Jahre.

Schwellen:		-5^0	-5^0	-2^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-3^0	-5^0	-5^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-4^0	-4^0	-1^0	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	-2^0	-4^0	-4^0

Versuch 26. Vp. R., 14 Jahre.

Schwellen:		-6^0	-6^0	-3^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-3^0	-7^0	-7^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-6^0	-6^0	-2^0	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	$+3^0$	-2^0	-6^0	-6^0

Versuch 27. Vp. G., 15 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-6^0	0^0	0^0	0^0	0^0	-6^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-8^0	-8^0	-6^0	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-6^0	-8^0	-8^0

Versuch 28. Vp. S., 14 Jahre.

Schwellen:		-8^0	-8^0	-5^0	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	$+1^0$	-5^0	-8^0	-8^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-7^0	-7^0	-5^0	$+1^0$	$+2^0$	$+2^0$	$+2^0$	-5^0	-7^0	-7^0

Versuch 29. Vp. M., 20 Jahre.

Schwellen:		-4^0	-4^0	-2^0	$+7^0$	$+7^0$	$+7^0$	$+7^0$	-2^0	wurzelgefüllt -4^0	
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-4^0	-4^0	-2^0	$+9^0$	$+9^0$	$+9^0$	$+9^0$	-3^0	wurzelgefüllt -4^0	

Versuch 30. Vp. W., 21 Jahre.

Schwellen:		wurzelgefüllt -6^0		-4^0	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	-4^0	-6^0	-6^0
Zähne:	O.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	U.K.	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
Schwellen:		-5^0	-5^0	-5^0	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	$+4^0$	-5^0	-5^0	-56

Man ersieht aus den Tabellen, daß die Zähne auf Kältereize verschieden reagieren, die Schneidezähne sind empfindlicher als die Eckzähne und die Eckzähne reagieren bei relativ höheren Temperaturen als die Prämolaren. Ferner beobachtet man, daß die unteren Schneidezähne, teilweise auch die Eckzähne und Prämolaren empfindlicher sind als die oberen.

Ich habe nun aus den Tabellen gesondert für die Schneidezähne, Eckzähne und Prämolaren die Mittelwerte der Reizschwellen errechnet ,und es hat sich ergeben, daß im Durchschnitt die Schneidezähne bei $+ 3{,}8^0$, die Eckzähne bei $- 3{,}6^0$ und die Prämolaren bei **$- 6{,}1^0$ kaltempfindlich** sind.

Nachdem ich somit die Reizschwellen für Kaltempfindungen ermittelt hatte, versuchte ich nachzuforschen, ob die Reaktion der Kälteempfindlichkeit im Zahn oder im Zahnfleisch zustandegekommen sei. Auf Münch und Schriever's Hinweis betäubte ich das Zahnfleisch in der Nähe des zu untersuchenden Zahnes mit einer 20%igen Novocainlösung und prüfte nun z. B. den oberen, seitlichen, linken Schneidezahn mit einem Temperaturreiz von + 2°. der bei der betreffenden Vp bei nichtbetäubtem Zahnfleisch eine Kaltempfindung hervorgerufen hatte. Jetzt gab die Vp an, „nichts" zu empfinden. Die Kaltempfindung war plötzlich ausgeblieben. Als ich auf denselben Zahn Temperaturreize von — 5—10° einwirken ließ, reagierte die Vp mit einer Schmerzempfindung, aber ein Kälteempfinden wurde jetzt ebenfalls nicht mehr wahrgenommen. Ich wiederholte diese Versuche an anderen Vpn, und jedesmal äußerten die Vpn bei Temperaturen unter 0°, es sei ein „Schmerzgefühl" vorhanden, „aber von der Kälte sei jetzt nichts mehr zu spüren." Daß dieser Schmerz „eklig" und „dumpf" sei, wie ihn Münch und Schriever schildern, erhielt ich von meinen Vpn nicht bestätigt. Er wurde vielmehr als „ziehend" beschrieben, und wie ich auch an mir selbst beobachtete, glaube ich, annehmen zu dürfen, daß das „eklige" und „dumpfe" Gefühl von dem Betäubungsmittel und dessen Wirkung herrührte und nur eine Begleiterscheinung des beim Einwirken des Temperaturreizes wahrzunehmenden Schmerzes war. Doch die Art des Schmerzes ist hierbei nicht von so großer Wichtigkeit. Vielmehr liegt die Bedeutung dieser letzten Versuche darin, daß den Zähnen tatsächlich eine „spezifische Kaltempfindlichkeit" fehlt und daß bei nichtbetäubtem Zahnfleisch, die Kältereaktion nicht im Zahn sondern im Zahnfleisch und dessen interdentalen Fortsätzen zustandekommt, und die Zähne hierbei sozusagen die empfangenen Kaltreize übermitteln.

Zusammenfassung.

Eine Warmempfindlichkeit besitzen die Zähne nicht. Selbst bei sehr hohen Temperaturreizen wird an den Zähnen keine Wärmereaktion ausgelöst.

Was die Kälteempfindlichkeit anbetrifft, so werden bei bestimmten Temperaturgraden wohl Kaltempfindungen wahrgenommen, so sind im Durchschnitt die Schneidezähne bei + 3,8°, die Eckzähne bei — 3,6° und die Prämolaren bei — 6,1° kaltempfindlich, doch kommen diese Empfindungen nicht im Zahn selbst, sondern im Zahnfleisch und dessen interdentalen Fortsätzen zustande und die Zähne spielen hierbei nur die Rolle der Uebermittlung. Sie selbst besitzen, solange sie unverletzt sind, keine Rezeptoren für Kältereize.

Bei betäubtem Zahnfleisch reagieren die Zähne bei relativ leichteren Kältereizen, z. B. bei Temperaturen von 0 bis + 8° mit keiner Empfindung, bei stärkeren Reizen jedoch, wie z. B. bei Temperaturen von — 5 bis — 10° mit einer „ziehenden" Schmerzempfindung, wobei dann aber die Kaltempfindung vollkommen ausgeschaltet wird.

Demnach fehlen den Zähnen, im Gegensatz zur äußeren Haut und Schleimhaut, die „spezifischen Kälte- wie auch Wärmeorgane".

Am Ende meiner Arbeit ist es mir eine besondere Freude, Herrn Professor Dr. Wustrow für die freundliche Ueberlassung des Themas und für immer bereitwilliges Entgegenkommen herzlichst danken zu können.

Auch Herrn Professor Dr. Strughold, der mir für meine Versuche vom Physiologischen Institut Würzburg den Apparat liebenswürdigerweise zur Verfügung stellte, möchte ich an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

Literaturnachweis.

1. Black, Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde 1914.
2. Blix, Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautnerven. Zeitschrift für Biologie, Bd. 20.
3. Broemser, Lehrbuch der Physiologie 1934.
4. Cecconi, Beitrag zum Studium des Empfindungsvermögens gesunder Zähne. Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 1905.
5. Darwin, zit. nach Luciani.
6. Dependorf, Beiträge zur Kenntnis der Innervierung der menschlichen Zahnpulpa. Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 1913.
7. Frey, v. M., Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinnes. Berichte der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Band 46, 1894. Bd. 47, 1895. Band 48, 1896.
8. Fischer, Ueber Sensibilitätsprüfungen menschlicher Zähne mit Hilfe des konstanten Stromes. Intern. Verband f. d. Materialprüfungen d. Technik 1909.
9. Fischer, Guido, Bau und Entwicklung der menschlichen Mundhöhle. 1909.
10. Fritsch, Untersuchungen über den Bau und die Innervierung des Dentins. Archiv für mikroskopische Anatomie 1914.
11. Goldscheider, Untersuchungen über den Temperatursinn. IV. Pflüger's Archiv, Band 206, 1924.
12. — Gesammelte Abhandlungen. Band 1, Leipzig 1898.
13. Gysi, zit. nach Port-Euler.
14. Hering, Der Temperatursinn. Hermann's Handbuch der Physiologie. Band III 2. Teil S. 415—439.
15. Herzen, Ueber die Spaltung des Temperatursinnes in zwei gesonderte Sinne. Pflüger's Archiv Band 38, 1885.
16. Kiesow, Zur Psychophysiologie der Mundhöhle. Wundt's philosophische Studien, Band 14.
17. Luciani, Physiologie des Menschen. Band 4, 1911.
18. Münch, Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde 1931.
19. — Ueber Schmerzleitung an den Zähnen. Deutsche Zeitschr. zur Erforschung des Schmerzes und seine Bekämpfung. Band I, 1928.
20. — Vitalität des Zahnschmelzes. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1931 H. 15.
21. Münch, J. und Schriever, H., Die Zähne als Sinneswerkzeug. Zeitschrift für Biologie. Band 91.
22. Morgenstern, Ueber die Innervierung des Zahnbeins. Archiv für Anatomie und Physiologie 1896.
23. — Der gegenwärtige Standpunkt unserer Kenntnis der Zahnbeinnerven. Korrespondenzbl. für Zahnärzte 1899, H. 2.
24. Pechlin, zit. n. Luciani.
25. Port-Euler, Lehrbuch der Zahnheilkunde 1915.
26. Rautmann, Schmelzmessungen, Diss. Würzburg 1928.
27. Römer, Ueber Sensibilität des Zahnbeins. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1899.
28. Schröder, Der Induktionsstrom als Diagnostikum in der zahnärztlichen Praxis. 1907.
29. Steiner, Ueber das Empfiindungsvermögen der Zähne des Menschen. Zentr.Bl. für Physiologie. Band 14, 585, 1901.

30. Strughold, Die Topographie des Kältesinnes in der Mundhöhle. Zeitschrift für Biologie. Band 83, S. 522. 1925.
31. Türkheim, Die Sinnesphysiologie der Mundhöhle und der Zähne. Deutsche Zahnheilkunde 52, 1921.
32. — Untersuchungen über das Empfindungsvermögen des Dentins. Ergebnisse der gesamten Zahnheilkunde, Band 6, 1918/22.
33. Vierordt, Grundriß der Physiologie. S. 301.
34. Walkhoff, Das sensible Dentin und seine Behandlung. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1899.
35. — Bemerkungen zur Thermometrie der Pulpa. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1899.
36. — Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. 2. Auflage, Berlin 1922.
37. Weber, E. H., Der Tastsinn und das Gemeingefühl. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Band 3, II, 515 1846.
38. Wetzel, Lehrbuch der Anatomie für Zahnärzte. 1914.

Lebenslauf.

Am 3. März 1908 wurde ich, Kunigunde König. als Tochter des Gutsbesitzers Johann König und seiner Ehefrau Bernhardine, zu Grabau, Kr. Pr.-Stargard geboren. Nach vierjährigem Privatunterricht und neunjährigem Besuch der Hermann-Balk-Schule zu Marienwerder, Westpr., einer Studienanstalt mit Oberrealschulrichtung, habe ich dort im März 1928 das Abiturientenexamen bestanden. Das Studium der Zahnheilkunde begann ich erst im Winter 1929/30 in Berlin, mußte jedoch nach dem zweiten Semester aussetzen und legte das Physikum SS 1931 in Würzburg ab, war in den klinischen Semestern teilweise in München und habe das Staatsexamen im Herbst 1933 in Würzburg bestanden.

Hiermit erkläre ich ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit völlig selbständig ausgearbeitet, und dazu außer dem obengenannten Quellenmaterial und der angegebenen Apparatur keinerlei andere Hilfe oder Hilfsmaterial verwendet habe.

Würzburg im März 1935.

Kunigunde König.